

1/5/7 (Item 7 from file: 351)  
DIALOG(R) File 351: Derwent WPI  
(c) 2005 Thomson Derwent. All rts. reserv.

10/539290  
JC17 Rec'd PGT/PTO 16 JUN 2005

011780510 \*\*Image available\*\*  
WPI Acc No: 1998-197420/ 199818  
XRPX Acc No: N98-156474

Optical dispersion compensating device used in light pulse generator in  
optical system - has resonator of multilayer dielectric film structure  
with transmission area of large spectral band width so that flare of  
pulse width in minute ranges are compensated

Patent Assignee: HITACHI LTD (HITA )  
Number of Countries: 001 Number of Patents: 001  
Patent Family:

| Patent No   | Kind | Date     | Applicat No | Kind | Date     | Week     |
|-------------|------|----------|-------------|------|----------|----------|
| JP 10048567 | A    | 19980220 | JP 96204487 | A    | 19960802 | 199818 B |

Priority Applications (No Type Date): JP 96204487 A 19960802

Patent Details:

| Patent No   | Kind | Lan Pg | Main IPC    | Filing Notes |
|-------------|------|--------|-------------|--------------|
| JP 10048567 | A    | 11     | G02B-027/09 |              |

Abstract (Basic): JP 10048567 A

The device has a resonator which is formed with a multilayer dielectric film. A transmission area with large spectral band width is formed adjoint to a high reflection area in the resonator. The transmission area is formed such that the flare of pulse width or the waveform degradation caused by the dispersion in the ranges of 100femto second to 10pico second is compensated.

ADVANTAGE - Enables to obtain reliable light compensation device.  
Enables to obtain super short light pulse generator for optical measurement. Reduces size and cost of device.

Dwg.1/13

Title Terms: OPTICAL; DISPERSE; COMPENSATE; DEVICE; LIGHT; PULSE; GENERATOR  
; OPTICAL; SYSTEM; RESONANCE; MULTILAYER; DIELECTRIC; FILM; STRUCTURE;  
TRANSMISSION; AREA; SPECTRAL; BAND; WIDTH; SO; FLARE; PULSE; WIDTH;  
MINUTE; RANGE; COMPENSATE

Derwent Class: P81; V07

International Patent Class (Main): G02B-027/09

International Patent Class (Additional): G02B-005/18; G02B-006/00;

H01S-003/05

File Segment: EPI; EngPI

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-048567

(43)Date of publication of application : 20.02.1998

(51)Int.Cl.

G02B 27/09

G02B 5/18

G02B 6/00

H01S 3/05

(21)Application number : 08-204487

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 02.08.1996

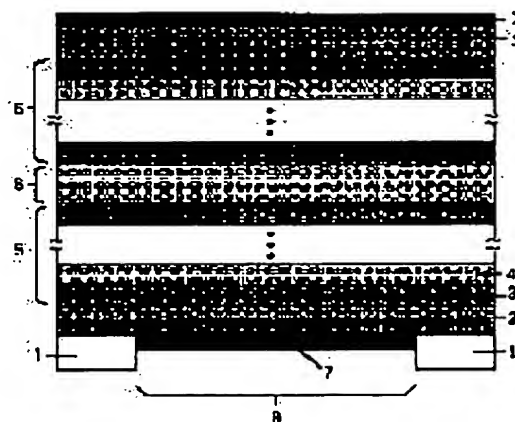
(72)Inventor : RI EIKON

**(54) OPTICAL DISPERSION COMPENSATOR AND OPTICAL PULSE GENERATOR AND OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM USING THE COMPENSATOR****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a microminiature, inexpensive and stable optical dispersion compensator capable of dispersing and compensating light pulses of 100 femtosecond order of a wide spectral width by allowing the spread of pulse time width and waveform deterioration to transmit a resonator consisting of multilayered dielectric films.

**SOLUTION:** Spacer layers 2 consisting of AlGaAs layers are grown by an org. metal vapor growth method on an n type GaAs substrate 1. Next, the periodically multilayered dielectric films 5 are formed by laminating GaAs high-refractive index layers 3 and AlAs low-refractive index layers 4 at 9.5 periods thereon. Namely, the multilayered films 5 are formed by alternately laminating n-layers of the low-refractive index layers 4 and (n+1) layers of the high-refractive index layers 3 in the transmitting direction of the light pulses, in such a manner that the high-refractive index layers 3 exist at both ends. The spectral width of the transmission

regions adjacent to the high-reflection regions of the resonator structure is made wider to enhance the dispersion effect of the transmission regions by adopting the resonator structure formed of the multilayered dielectric films 5 to the optical dispersion compensator, by which the dispersion compensation of the light pulses from 100 femtoseconds to 10 picoseconds is made possible.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 02.08.1996

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

|  |            |
|--|------------|
| [Patent number]  | 2902996    |
| [Date of registration]   | 19.03.1999 |
| [Number of appeal against examiner's decision of rejection]          |            |
| [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] |            |
| [Date of extinction of right]  |            |

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-48567

(43) 公開日 平成10年(1998) 2月20日

| (51) Int.Cl. <sup>8</sup> | 識別記号  | 庁内整理番号 | F I           | 技術表示箇所 |
|---------------------------|-------|--------|---------------|--------|
| G 0 2 B 27/09             |       |        | G 0 2 B 27/00 | E      |
| 5/18                      |       |        | 5/18          |        |
| 6/00                      | 3 0 6 |        | 6/00          | 3 0 6  |
| H 0 1 S 3/05              |       |        | H 0 1 S 3/05  |        |

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平8-204487

(22) 出願日 平成8年(1996) 8月2日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 李 英根

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

(54) 【発明の名称】 光分散補償器、及びこれを用いた光パルス発生装置並びに光通信システム

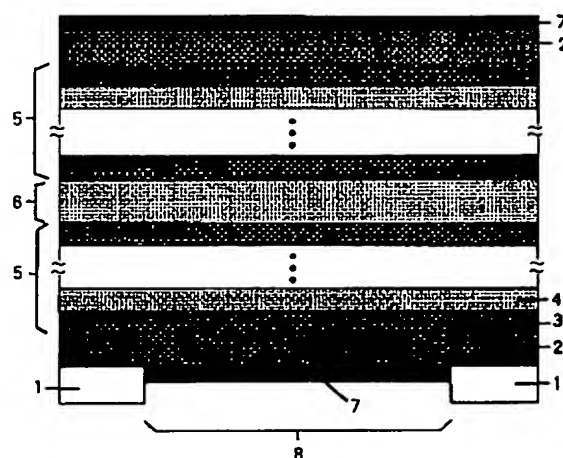
(57) 【要約】

【課題】 超小型、低価格、安定、かつ他の装置との結合性がよい透過型光分散補償器を実現することにある。

【解決手段】 誘電体多層膜により形成された共振器を有する透過型光分散補償器を構成する。これにより、共振器構造の高反射領域に隣接する透過領域のスペクトル幅は100フェムト秒から10ピコ秒の光パルスの分散補償を行うに十分な広さになる。この誘電体多層膜構造からなる共振器は、単一共振器構造または結合型共振器構造として形成される。

【効果】 誘電体多層膜構造からなる共振器構造において、高反射領域に隣接する透過領域は大きな分散効果を示すため、スペクトル幅の広い、例えば100フェムト秒オーダーの光パルスの分散補償が可能となる。

図1



- |                 |                |
|-----------------|----------------|
| 1 ... n型GaAs基板  | 6 ... 半波長低屈折率層 |
| 2 ... スペーサー層    | 7 ... ARコート膜   |
| 3 ... 高屈折率層     | 8 ... 光学窓      |
| 4 ... 低屈折率層     |                |
| 5 ... 周期的誘電体多層膜 |                |

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】100フェムト秒から10ピコ秒の時間幅を有する光パルスに生じる該光パルスの群速度の波長依存性（分散）によるパルス時間幅の広がりや波形劣化を誘電体多層膜からなる共振器を透過させることにより補償することを特徴とする光分散補償器。

【請求項 2】上記共振器は、第1誘電体と該第1誘電体よりも屈折率の大きな第2誘電体を周期的に積層してなる第1誘電体領域と、第3誘電体と該第3誘電体よりも屈折率の大きな第4誘電体を周期的に積層してなる第2誘電体領域と、上記第2誘電体と第4誘電体よりも屈折率の小さな第5誘電体からなる第3誘電体領域とを、該第3誘電体領域が該第1誘電体領域と該第2誘電体領域との間に挟まれ且つ上記第2誘電体と上記第4誘電体が該第3誘電体領域に接するように構成され、該共振器に入射する上記光パルスのスペクトル幅が上記第1、第2及び第3誘電体領域から構成される共振器の共振点を含む高反射領域に隣接する透過領域内に存在していることを特徴とする請求項1記載の光分散補償器。

【請求項 3】上記共振器は、第1誘電体と該第1誘電体よりも屈折率の大きな第2誘電体を周期的に積層してなる第1誘電体領域と、第3誘電体と該第3誘電体よりも屈折率の大きな第4誘電体を周期的に積層してなる第2誘電体領域と、上記第2誘電体と第4誘電体よりも屈折率の大きな第5誘電体からなる第3誘電体領域とを、該第3誘電体領域が該第1誘電体領域と該第2誘電体領域との間に挟まれ且つ上記第1誘電体と上記第3誘電体が該第3誘電体領域に接するように構成され、該共振器に入射する上記光パルスのスペクトル幅が上記第1、第2及び第3誘電体領域から構成される共振器の共振点を含む高反射領域に隣接する透過領域内に存在していることを特徴とする請求項1記載の光分散補償器。

【請求項 4】請求項2又は請求項3に記載の共振器を直列に複数結合させた結合型共振器構造を有し、該結合型共振器構造に入射する上記光パルスのスペクトル幅が該結合型共振器構造の複数の共振点を含む高反射領域に隣接する透過領域内に存在していることを特徴とする請求項1記載の光分散補償器。

【請求項 5】請求項1乃至4のいずれかに記載の光分散補償器を多段に結合させて構成されることを特徴とする光分散補償器。

【請求項 6】短パルスレーザと請求項1乃至4のいずれかに記載の光分散補償器から構成されることを特徴とする光パルス発生装置。

【請求項 7】請求項6に記載の光パルス発生装置を光源として用いたことを特徴とする光通信システム。

【請求項 8】請求項1乃至5のいずれかに記載の光分散補償器を光パルス波形の整形素子として用いた光中継回路を有する光通信システム。

【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、時分割多重通信システム、時分割多重通信と波長分割多重通信システムのハイブリッド通信システムを柱とした長距離大容量光通信システム、及び超高速光計測用に必要不可欠な超短光パルス発生装置（光パルス発生装置）に関する。また、上記通信システムの光伝送における光波形整形装置としての光分散補償器に関する。

## 【0002】

10 【従来の技術】短パルス光源からの光パルス、または、光ファイバー内を伝搬する光パルスは、材料や構造分散（分散：光の群速度の波長依存性）の影響を受けるため、時間軸上において、パルス幅の広がりまたは波形の劣化が生じる。一般に光パルスにおいて、そのパルス波形により決められる定数Cに対し、その時間幅 $\Delta t$ とスペクトル幅 $\Delta \lambda$ （但し、 $\lambda$ は波長）は、 $\Delta t \cdot \Delta \lambda \geq C$ なる関係を示す。とりわけ、 $\Delta t \cdot \Delta \lambda = C$ なる関係を満たす光パルスはTLパルス（Transform Limit Pulse）と呼ばれる。TLパルスを例に考えれば、光パルス

20 が媒質を透過する際に、その時間軸上のパルス幅 $\Delta t$ が $\Delta t + \alpha$ となれば、これに対応して $\Delta \lambda$ 又はCが変化するのは明らかである。後者の変化はCが波形に対応することから、波形の変化として現れる。望ましき光パルスの伝送は媒質透過前後において $\Delta t$ 、 $\Delta \lambda$ 及びCなる物理量が保存されることであるから、これら物理量の変化は光パルスの劣化といえよう。ここで、短パルス光源とは、パルス光を発生する光源（光パルス発生装置）のうち、とりわけ時間軸上の幅 $\Delta t$ とスペクトル幅 $\Delta \lambda$ の小さいパルス光を発生するものである。

30 【0003】さて、この光パルスの劣化は、光パルス伝送を用いた時分割多重通信システム、あるいは時分割多重通信と波長分割多重通信システムのハイブリッド通信システムを柱とした長距離大容量光通信システムにおいて、通信誤りを生じさせる原因になる。即ち、光源（送信機）から $\Delta t_1$ 、 $\Delta \lambda_1$ なる物理量及びC<sub>1</sub>に対応した波形を有する光パルスとして出射された光信号が、伝送過程で $\Delta t_2$ 、 $\Delta \lambda_2$ なる物理量とC<sub>2</sub>に対応した波形を有する光パルスへ変化することは、当該光信号が持つ情報の変質をもたらすのである。光信号が運ぶ情報が、光パルスの $\Delta t$ 、 $\Delta \lambda$ 又は波形で識別されることを考えれば、この問題の重要さは明らかであろう。

40 【0004】この問題の解決手段は、分散の影響を補償することであり、それを行う素子を光分散補償器と言う。代表的なものとして、光ファイバー分散補償器39（図11(A)）、回折格子分散補償器40（図11(B)）、誘電体多層膜分散補償器41（図11(C)）、グレーティング光ファイバー分散補償器42（図11(D)）などがある（参考文献：「超高速光エレクトロニクス」、末田正、神谷武志共編、第2章、カワジャ他、IEEEフォトニクステクノロジーレター、第7巻、158

頁(1995)、特開平2-23302号公報)。

【0005】光ファイバー分散補償器は、通常の伝送用に用いられる光ファイバーに短光パルスを伝搬させて、光ファイバーの有する分散を利用して分散補償を行う、透過型光分散補償器である。回折格子分散補償器は、向かい合う二枚の回折格子から構成されており、2回の反射によって生じる遅延時間(または伝搬距離)の波長依存性を用いて分散補償を行う透過型分散補償器である。誘電体多層膜分散補償器とグレーティング光ファイバー分散補償器は、光の多重反射によって生じる、広いスペクトル幅を有する高反射領域における、大きな分散効果を用いて、分散補償を行う反射型光分散補償器である。

【0006】光ファイバー分散補償器では、光ファイバーの有する微小な分散効果のために、100m〜数kmの長さの光ファイバーを必要とし、従って、装置が大型になり、不安定動作、高価格化などの欠点が生じる。回折格子分散補償器では、大型でかつ2枚の回折格子の位置合わせ等の設定が困難であるため、不安定動作の原因となる。一方、誘電体多層膜分散補償器やグレーティング光ファイバー分散補償器は、超小型でモノリシックであるため、動作が安定である。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上述の誘電体多層膜分散補償器とグレーティング光ファイバー分散補償器では、光の多重反射のため、高反射領域において、広いスペクトル領域で比較的大きな分散補償効果が得られるので、超小型の光分散補償器の実現が可能である。しかし、これらは反射型であるため、分散補償される光パルスの伝搬方向の変更が必要になり、短パルスレーザとこれらの光分散補償器を結合または集積化して用いる場合、または、光中継器の中に波形整形器として組み込む場合、系が複雑になる欠点がある。また、一つの分散補償器では、補償に必要な分散値が足りない場合、複数列必要になるが、反射型であるため、その配置は複雑になる。

【0008】従来型の周期的誘電体多層膜分散補償器を、高反射領域の隣接する透過領域で用いると、透過型光分散補償器として使用できる。しかし、その透過領域のスペクトル幅： $\delta\lambda_T$ は、100フェムト秒オーダーの光パルスの分散補償を行うのに十分広くない(図8、図12(B)参照)。

【0009】以上の従来技術に対し、本願発明が解決しようとする課題は、100フェムト秒(femto-second:  $10^{-15}$ 秒)から10ピコ秒(pico-second:  $10^{-12}$ 秒)の時間幅を有する光パルスに生じる分散の影響、即ちパルス時間幅拉がりや波形劣化を補償すること(当該光パルスのパルス時間幅や波形を分散の影響を受ける前の状態に戻すこと)にある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上述の課題を解決するに

あたり、本発明の指針は、従来型の周期的多層膜構造に代わって、単一共振器型多層膜構造または結合共振器型多層膜構造を用いる。その結果、単一共振器型多層膜構造または結合共振器型多層膜構造の場合、周期的多層膜構造と比較して、高反射領域に隣接したスペクトル幅の広い透過領域が存在する。従って、その透過領域に補償すべき光パルスを透過されると、スペクトル幅の広い、100フェムト秒から10ピコ秒のパルス幅を有する光パルス(以下、短光パルス)の分散補償を行うことができる。即ち、特開平2-23302号公報に開示の技術が多層膜構造にて光パルスを反射させるのに対し、本発明は多層膜構造に光パルスを透過させることにより分散補償を行う点が異なり、このため本発明の光分散補償器は以下のような構成上の特徴を有する。

【0011】まず本発明の光分散補償器は、第1誘電体とこれより屈折率の大きな第2誘電体を周期的に積層してなる第1誘電体領域と、第3誘電体とこれよりも屈折率の大きな第4誘電体を周期的に積層してなる第2誘電体領域と、第2誘電体及び第4誘電体よりも屈折率の小さな第5誘電体からなる第3誘電体領域からなり、第3誘電体領域が第1誘電体領域と第2誘電体領域との間に挟まれるように構成された共振器を有する。この共振器において、第3誘電体領域は、(1)第2誘電体と第4誘電体とに接合されるか、又は(2)第1誘電体と第3誘電体とに接合されるか、のいずれか一の態様で第1及び第2誘電体領域に接続される。

【0012】このように構成される共振器構造を上述の単一共振器型と定義する。一方、上述の結合共振器型とは、単一共振器型を直列に複数結合させたものであり、例えば上述の第1誘電体領域、第3誘電体領域、第2誘電体領域、第3誘電体領域、第2誘電体領域、第3誘電体領域、第2誘電体領域をこの順に積み上げた構造を有する(ここで、第2、第2誘電体領域としたのは第2誘電体領域に対し若干の組成変動を許容する意味である)。

【0013】また各誘電体層の厚みを調整することにより、共振器に入射する光パルスのスペクトル幅が第1、第2及び第3誘電体領域から構成される共振器の共振点を含む高反射領域に隣接する透過領域内に存在させる。これらの厚みは共振波長 $\lambda_r$ (但し、この波長は真空中における値)に基づき、各誘電体層の層厚は個々の誘電体における実効波長としての共振波長 $\lambda_r/n$ (但し、 $n$ は誘電体の屈折率)で、第1乃至第4誘電体の層： $(\lambda_r/n)/4$ 、第5誘電体の層： $(\lambda_r/n)/2$ に設定される。共振波長の定義については、実施例1から3において後述する。

【0014】上述の結合型の共振器構造においては、さらに第3誘電体領域を構成する第5誘電体の層の厚みは第5誘電体層に、第2誘電体領域を構成する第3誘電体、第4誘電体の層の厚みはそれぞれ第3誘電体層、第

10

20

30

40

50

## 5

4誘電体層に準じて設定する（第3及び第2誘電体領域についても同様）。これにより、結合型共振器構造に入射する光パルスのスペクトル幅は、結合型共振器構造の複数の共振点を含む高反射領域に隣接する透過領域内に存在する。次に、図8、図9、図10、図12を用いて、従来型の周期的多層膜構造と単一共振器型多層膜構造または結合共振器型多層膜構造における光パルスの振る舞いの違いについて説明する。従来型の周期的多層膜構造、本発明の単一共振器型多層膜構造と二つの共振器が結合した結合共振器型多層膜構造の反射スペクトルの計算例を、それぞれ図8、図9(A)、図10(A)に示す。共振点（反射率がほぼゼロになる鋭い凹）を含む、反射率がほぼ1である高反射領域に隣接して、反射率がほぼゼロに近い透過領域が存在する。但し、周期的多層膜構造の場合、高反射領域に共振点は存在しない。また、共振点の数は、共振器の数に等しい。例えば、単一共振器構造の場合は一つ、二つの共振器が結合した結合共振器の場合は、二つである。以下、この透過領域のスペクトル幅を $\Delta\lambda_T$ とする。

【0015】従来型の周期的多層膜構造を有する短光パルス分散補償器は、短光パルスの広いスペクトル幅をカバーするため、スペクトル幅の広い高反射領域を用いる。このため、反射型となる（図12(A)）。即ち、図8のスペクトルを示す周期的多層膜構造を有する光分散補償器において、これに入射する光パルスの分散の変形は高反射領域に相当する $\lambda = 1.40$ から $1.61\mu\text{m}$ の広い波長範囲で補償される。ところが、この従来型の周期的多層膜構造を有する短光パルス分散補償器を透過型にして、高反射領域に隣接する透過領域で光パルスの分散補償を行おうとすると、図12(B)に示すように、光パルスの整正（補償）は十分に行われぬ。その理由は、透過領域の $\delta\lambda_T$ が、光パルスのスペクトル幅より小さいため（図8の $\lambda = 1.39$ 及び $1.62\mu\text{m}$ 付近参照）、光パルスのスペクトル成分の一部分しか分散補償が行われぬからである。この場合の $\delta\lambda_T$ は、100フェムト秒オーダーの光パルスのスペクトル幅の十分の一以下である。

【0016】一方、本発明の単一共振器型多層膜構造または結合共振器型多層膜構造の $\delta\lambda_T$ は、周期的多層膜構造のそれと比べて非常に大きく（図8、図9(A)、図10(A)の比較から明らか）、100フェムト秒オーダーの光パルスのスペクトル幅とほぼ等しいので、100フェムト秒オーダーの光パルスの分散補償による光パルス整正（補償）が、透過において可能である。即ち、本発明では誘電体多層膜により形成された共振器構造を光分散補償器に採用することで、当該共振器構造の高反射領域に隣接する透過領域のスペクトル幅を当該透過領域の分散効果を高めるように広げ、これにより100フェムト秒から10ピコ秒の光パルスの分散補償を可能にするものである。なお、図12においては、本発明の光分

## 6

散補償器47を、従来の光分散補償器45、46と同様のパターンで示したが、その構造上の違いは後述の実施例から明らかになる。

【0017】本発明を実施するに当たって、誘電体多層膜構造からなる単一共振器構造または結合型共振器構造において、入射光パルスのスペクトルが、該共振器構造の高反射領域に隣接する透過領域内に存在するように設定する。この構造では、高反射領域に隣接する透過領域において、100フェムト秒オーダーの光パルスが有する広いスペクトル領域で、分散補償に必要な大きさの分散効果が得られる（図9、10参照）。従って、超小型、安定、低価格、かつ他の装置との結合が容易な透過型光分散補償器の実現が可能である。

【0018】以上に説明した本発明の光分散補償器は、多段に結合させて構成して1つの光分散補償器を構成してもよい（実施例7参照）。また、短パルスレーザと組み合わせて光パルス発生装置を構成してもよい（実施例4及び5参照）。短パルスレーザを発生する光源に面発光型の半導体レーザ素子を用い、これに積層する態様で光分散補償器を形成すると光パルス発生装置の小型化が図れる利点がある。これは、従来の反射型光分散補償器では得られない利点である。このような光パルス発生装置を光源に用いて、光通信システムを構成すると光信号伝送の長距離化、大容量化が促進される。一方、本発明の光分散補償器を光通信システムの光中継回路における光パルス波形の整形素子として用いてもよい（実施例6参照）。

## 【0019】

【発明の実施の形態】本発明に係わる光分散補償器の実施例につき、添付図面を参照しながら以下詳細に説明する。

【0020】＜実施例1＞本実施例では、単一共振器型光分散補償器の構造例と、その動作原理について、図1と図9を用いて説明する。図1は、本発明に係わる光分散補償器の一実施例の断面図である。

【0021】結晶方位(001)面のn型GaAs（ドナー濃度： $N_D = 2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ）基板1上に有機金属気相成長(MOVPE: Metal Organic Vapor Phase Epitaxy)法により、AlGaAs層（Alモル比： $x=0.2$ 、屈折率：3.2）からなるスペーサー層2を10mm成長する。次に、GaAs高屈折率層3（屈折率：3.4）とAlAs低屈折率層4（屈折率：2.9）を9.5周期積層して周期的誘電体多層膜5を形成する。即ち、誘電体多層膜5は、光パルスの透過方向にn層の低屈折率層と(n+1)層の高屈折率層（但しnは自然数で、この場合n=9）を両端に高屈折率層が位置するように交互に積層されて形成される。

【0022】高屈折率層3低屈折率層4との各層の厚さは、設定された真空中における共振波長： $\lambda_r$ に対する各層内部での実効波長の $1/4$ とする（ $\lambda_r$ の設定については後述する）。次にAlAs層からなる半波長低屈折率

層6を積層し、その厚さを設定された真空中における共振波長： $\lambda_r$ に対する半波長低屈折率層内部での実効波長の1/2とする。

【0023】さらに、GaAs高屈折率層3（屈折率：3.4）とAlAs低屈折率層4（屈折率：2.9）を9.5周期積層して周期的誘電体多層膜5を形成し、AlGaAs層（Alモル比： $x=0.2$ 、屈折率：3.2）からなるスペーサー層2を10nm成長する。次にn型GaAs基板1の一部を化学エッチングで取り去り、光学窓8を形成する。最後に、上部、下部のスペーサー層2に、空気との界面の反射を防ぐため、Anti-reflectionコート膜（ARコート膜）7を形成する。ARコート膜を付ける前の空気と接する層の屈折率を $n_1$ とすると、ARコート膜の屈折率は、 $n_{AR}=n_1^{1/2}$ 、その厚さは、 $(\lambda_r/4)/n_{AR}$ である。

【0024】以下、共振器長： $\lambda_r$ の設定法について述べる。本実施例の光分散補償器において、入射光パルスのスペクトル37が、該共振器構造の高反射領域に隣接する透過領域内に存在するように、 $\lambda_r$ を設定する（図9(A)参照）。ダウンチャープを補償する場合は、高反射領域の長波長側に隣接する透過領域に、入射光パルスのスペクトルが存在するように $\lambda_r$ を設定する（ $\lambda_r=1.70\mu\text{m}$ 付近）。アップチャープを補償する場合は、高反射領域の短波長側に隣接する透過領域に、入射光パルスのスペクトルが存在するように $\lambda_r$ を設定する（ $\lambda_r=1.34\mu\text{m}$ 付近）。なお、チャープ(chirp)とは波長軸や時間軸方向への波形の広がりを意味する。本実施例の高反射領域の長波長側に隣接する透過領域における2次位相分散の計算結果を図9(B)に示す。

【0025】本実施例は、AlGaAs系の材料に限らず、他の材料系、例えば、 $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ 等の材料においても適用可能である。

【0026】＜実施例2＞本実施例では、結合共振器型光分散補償器の構造例とその動作原理について図2と図10、図13を用いて説明する。図2は、本発明に係わる光分散補償器の一実施例の断面図である。

【0027】結晶方位(001)面のn型GaAs（ドナー濃度： $N_D=2\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ ）基板1上に有機金属気相成長(MOVPE: Metal Organic Vapor Phase Epitaxy)法により、AlGaAs層（Alモル比： $x=0.2$ 、屈折率：3.2）からなるスペーサー層2を10nm成長する。次に、GaAs高屈折率層3（屈折率：3.4）とAlAs低屈折率層4（屈折率：2.9）を9.5周期積層して、周期的誘電体多層膜5を形成する。

【0028】高屈折率層3低屈折率層4との各層の厚さは、設定された真空中における共振波長： $\lambda_r$ に対する各層内部での実効波長の1/4とする。次に、AlAs層からなる半波長低屈折率層6を積層し、その厚さを設定された真空中における共振波長： $\lambda_r$ に対する、この層内部での実効波長の1/2とする。

【0029】さらに、GaAs高屈折率層3（屈折率：3.

4）とAlAs低屈折率層4（屈折率：2.9）を9.5周期積層して周期的誘電体多層膜5を形成し、AlAs層からなる半波長低屈折率層6を積層し、その厚さを設定された真空中における共振波長： $\lambda_r$ に対する、この層内部での実効波長の1/2とする。次に、GaAs高屈折率層3（屈折率：3.4）とAlAs低屈折率層4（屈折率：2.9）を9.5周期積層して周期的誘電体多層膜5を形成する。高屈折率層3低屈折率層4との各層の厚さは、設定された真空中における共振波長： $\lambda_r$ に対する、各層内部での実効波長の1/4とする。さらに、AlGaAs層（Alモル比： $x=0.2$ 、屈折率：3.2）からなるスペーサー層2を10nm成長し、n型GaAs基板1の一部を化学エッチングで取り去り、光学窓8を形成する。最後に、上部、下部のスペーサー層2に、空気との界面の反射を防ぐため、ARコート膜7を形成する。ARコート膜を付ける前の空気と接する層の屈折率を $n_1$ とすると、ARコート膜の屈折率は $n_{AR}=n_1^{1/2}$ 、その厚さは $(\lambda_r/4)/n_{AR}$ である。

【0030】以下、共振器長： $\lambda_r$ の設定法について述べる。本実施例の光分散補償器において、入射光パルスのスペクトル38が、該共振器構造の高反射領域に隣接する透過領域内に存在するように、 $\lambda_r$ を設定する（図10(A)参照）。ダウンチャープを補償する場合は、高反射領域の長波長側に隣接する透過領域に、入射光パルスのスペクトルが存在するように $\lambda_r$ を設定する。アップチャープを補償する場合は、高反射領域の短波長側に隣接する透過領域に、入射光パルスのスペクトルが存在するように $\lambda_r$ を設定する。本実施例の高反射領域の長波長側に隣接する透過領域における2次位相分散の計算結果を図10(B)に示す。

【0031】本実施例は、AlGaAs系の材料に限らず、他の材料系、例えば、 $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ 等の材料においても適用可能である。

【0032】本発明の結合共振器型多層膜光分散補償器の特性評価を、計算機シミュレーションで行ったので、その結果を図13に示す。この結果は、入射パルスの中心波長で規格化された空間座標： $z/\lambda_0$ でプロットされている。計算に用いた構造は、上記の3つの周期的誘電体多層膜5の周期は、それぞれ6.5、5.5、6である。屈折率は、計算精度の劣化を生じないように、低屈折率層の屈折率を1、高屈折率層の屈折率を1.2とした。また、光分散補償器と外部との境界での反射の影響は無いと仮定した。入射光パルスの時間幅は125フェムト秒で、中心波長： $\lambda_0$ は1.5 $\mu\text{m}$ とした。

【0033】図13を参照し、周波数チャープの影響を受けた（または、3次の光非線形の影響でスペクトル幅の広がった）光パルス48の本発明の光分散補償器49に対する応答を見ることによって、本発明の光分散補償器の特性評価を行う。入射光パルス48は、ほとんど透過し、透過パルス50は分散補償によって、約半分の時間幅になっていることがわかる（挿入図参照、波線は入

10

20

30

40

50



光パルス、実線は透過パルスを示す)。これで、本発明の構造を用いれば、100フェムト秒オーダーの光パルスの分散補償を、透過において行うことが可能であることが示された。

【0034】<実施例3>本実施例では、光ファイバーを用いた本発明に係わる光分散補償器の構造例について説明する。図3は、光ファイバーを用いた本発明に係わる共振器型光分散補償器の一実施例である。図3に示す、ブラッググレーティング層9を半波長低屈折率6を挟んで形成する。この構造は、フォトセンシティブな光ファイバー10を、干渉した紫外線(UV光)で露光することによって作製できる(作製に関する参考文献:ヒル他、アプライドフィジックスレター、第62巻、1035頁(1993))。最後に、空気との界面での反射を防ぐために、両端にARコート膜7を形成する。ARコート膜を付ける前の空気と接する層の屈折率を $n_1$ とすると、ARコート膜の屈折率は、 $n_{AR}=n_1^{1/2}$ 、その厚さは、 $(\lambda_r/4)/n_{AR}$ である。

【0035】以下、共振器型光分散補償器の共振器長: $\lambda_r$ の設定法について述べる。本実施例の光分散補償器において、入射光パルスのスペクトルが、該共振器構造の高反射領域に隣接する透過領域内に存在するように、 $\lambda_r$ を設定する。ダウンチャープを補償する場合は、高反射領域の長波長側に隣接する透過領域に、入射光パルスのスペクトルが存在するように $\lambda_r$ を設定する。アップチャープを補償する場合は、高反射領域の短波長側に隣接する透過領域に、入射光パルスのスペクトルが存在するように $\lambda_r$ を設定する。

【0036】本実施例では、単一共振器構造を有する光分散補償器について述べたが、実施例2で述べた結合型共振器構造を有する光分散補償器も作製可能である。

【0037】<実施例4>本実施例では、本発明の光分散補償器を集積化した半導体短パルス光源について説明する。図4は、本発明に係わる光分散補償器を集積化した半導体短パルス光源の一実施例の断面図である。

【0038】初めに、レーザ部作製について説明する。結晶方位(111)または(110)面のn-InP基板11上に有機金属気相成長(MOVPE: Metal Organic Vapor Phase Epitaxy)法によりn-InGaAsP(禁制帯幅波長1.45 $\mu$ m、ドナー濃度: $N_D=2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ )の高屈折率層12とn-InP(禁制帯幅波長0.92 $\mu$ m、 $N_D=2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ )の低屈折率層13を30周期積層してn型誘電体多層膜反射器14を形成する。ただし、各層の厚さは、各層内部での波長 $\lambda$ の1/4とする。次に、アンドープInGaAsP(禁制帯幅波長1 $\mu$ m、厚さ0.4 $\mu$ m)スペーサー層2、InGaAs量子井戸層(禁制帯幅波長1.55 $\mu$ m、厚さ3.5nm)とInGaAsP(禁制帯幅波長1.15 $\mu$ m、厚さ15nm)障壁層からなる10周期の圧縮歪み多重量子井戸層15、アンドープInGaAsP(禁制帯幅波長1 $\mu$ m、厚さ0.4 $\mu$ m)スペーサー層2からなる共

振器16を設ける。ただし、多重量子井戸層の障壁層にはP型変調ドーブ(アクセプター濃度: $N_A=5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ )を行う。続けて、p-InP(厚さ $\lambda_r/4$ 、禁制帯幅波長0.92 $\mu$ m、 $N_A=2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ )の低屈折率層17とp-InGaAsP(禁制帯幅波長1.45 $\mu$ m、 $N_A=2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ )の高屈折率層18を30周期積層し、p型誘電体多層膜反射器19を形成する。次に、p型誘電体多層膜反射器19上に光学窓を有するAu/Zu/Au/Ti/Auのp側電極20を蒸着によって作製する。さらに、n側電極21を、AuGeをn-InP基板上に蒸着することによって形成する。最後に、例えば、実施例1で述べた単一共振器型光分散補償器22を別に作製し、光学窓の部分に直接接合させて、レーザ部に集積化する。

【0039】以下、単一共振器型光分散補償器22の共振器長: $\lambda_r$ の設定法について述べる。本実施例の光分散補償器において、所謂面発光型のレーザ部からの光パルスのスペクトルが、該共振器構造の高反射領域に隣接する透過領域内に存在するように、 $\lambda_r$ を設定する。ダウンチャープを補償する場合は、高反射領域の長波長側に隣接する透過領域に、入射光パルスのスペクトルが存在するように $\lambda_r$ を設定する。アップチャープを補償する場合は、高反射領域の短波長側に隣接する透過領域に、入射光パルスのスペクトルが存在するように $\lambda_r$ を設定する。

【0040】本実施例は、レーザ部において、InGaAsP系の材料に限らず、他の材料系、例えばAlGaAs系の材料においても適用可能であり、光分散補償器において、他の材料系、例えば、SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>等の材料においても適用可能である。

【0041】<実施例5>本実施例では、本発明に係わる光分散補償器を、外部共振器型モード同期レーザの分散補償器として用いる例を説明する。図5は、本発明に係わる光分散補償器を有する外部共振器型モード同期レーザの構成図である。本レーザ装置は、ミラー23、24で挟まれた可飽和吸収色素25、ミラー26、27で挟まれた増幅媒質であるレーザ色素28、ミラー24と対で共振器を構成するのに必要であるミラー29、光パルスの取り出しに必要である出力ミラー30、本発明に係わる光分散補償器31、半波長板32、励起用光源のArイオンレーザ33から構成される。

【0042】<実施例6>本実施例では、本発明に係わる光分散補償器を、光ファイバーを用いた光通信システムにおける、光パルス波形整形器として用いる例を、図6を用いて説明する。光パルス35が光ファイバー34内を伝搬する際に、光ファイバーの有する分散によって、光パルス35は広がる。そこで、本発明に係わる光分散補償器31を用いて、分散の補償を行い、光パルス波形の整形を行う(図6(A))。また、他の方法として、光通信に用いる光ファイバー内に、干渉した紫外線(UV光)で露光することによって本発明に係わる光分散補償

器を作製する(図6(B))。

【0043】<実施例7>本実施例では、本発明に係わる光分散補償器を、多段に結合させて構成される光分散補償器36の例を、図7を用いて説明する。分散のスペクトル幅を変えずに、分散量を増大させるために、図7(A)、(B)に示すように、複数の本発明に係わる光分散補償器31を直列に配列させて、より大きな分散量で補償を行い、光パルス波形の整形を行う。

【0044】

【発明の効果】本発明によれば、誘電体多層膜構造からなる単一共振器構造または結合型共振器構造において、共振器構造の高反射領域に隣接する広いスペクトル幅を有する透過領域において、大きな分散効果が得られるため、スペクトル幅の広い100フェムト秒オーダーの光パルスの分散補償が可能な、超小型、低価格で安定な透過型光分散補償器が実現できる。以上の光分散補償器は、時分割多重通信システム、あるいは時分割多重通信と波長分割多重通信システムのハイブリッド通信システムを柱とした長距離大容量光通信システム用に、または、超高速光計測用に必要不可欠な超短光パルス発生装置に好適である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による第一の実施例を示す図。

【図2】本発明による第二の実施例を示す図。

【図3】本発明による第三の実施例を示す図。

【図4】本発明による第四の実施例を示す図。

【図5】本発明による第五の実施例を示す図。

【図6】本発明による第六の実施例を示す図。

【図7】本発明による第七の実施例を示す図。

【図8】従来型周期的誘電体多層膜構造を有する光分散補償器の反射スペクトルを示す図。

【図9】本発明に係わる単一共振器構造を有する光分散補償器(実施例1)の反射スペクトルと2次位相分散に関する計算結果を示す図。

【図10】本発明に係わる結合共振器構造を有する光分

散補償器(実施例2)の反射スペクトルと2次位相分散に関する計算結果を示す図。

【図11】従来型の光分散補償器の構成図。

【図12】従来型の周期的多層膜構造と単一共振器型多層膜構造または結合共振器型多層膜構造における光パルスの振る舞いの違いに関する説明図。

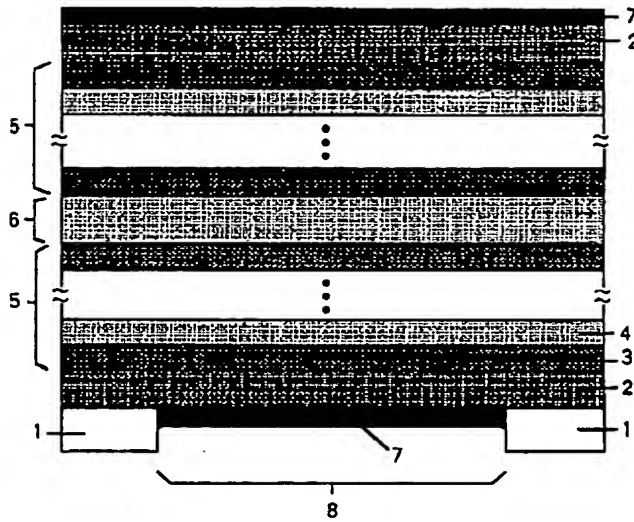
【図13】二つの共振器が結合した結合共振器型多層膜光分散補償器に対する光パルスの過渡応答特性の計算結果を示す図。

【符号の説明】

1…n型GaAs基板、2…スペーサ層、3…高屈折率層、4…低屈折率層、5…周期的誘電体多層膜、6…半波長低屈折率層、7…ARコート膜、8…光学窓、9…ブラッググレーティング層、10…フォトセンシティブ光ファイバー、11…n型InP基板、12…n型高屈折率層、13…n型低屈折率層、14…n型誘電体多層膜、15…p型変調ドープ圧縮歪み量子井戸層、16…共振器、17…p型低屈折率層、18…p型高屈折率層、19…p型誘電体多層膜、20…p側電極、21…n側電極、22…単一共振器型光分散補償器、23…ミラー、24…ミラー、25…可飽和吸収色素、26…ミラー、27…ミラー、28…レーザ色素、29…ミラー、30…出力ミラー、31…光分散補償器、32…半波長板、33…Arイオンレーザ、34…光ファイバー、35…光パルス、36…多段型光分散補償器、37…入射光スペクトル、38…入射光スペクトル、39…光ファイバー分散補償器、40…回折格子分散補償器、41…誘電体多層膜分散補償器、42…グレーティング光ファイバー分散補償器、43…分散の影響で広がった入射光パルス、44…透過光パルス、45…反射光パルス、46…周期的多層膜光分散補償器、47…単一共振器または結合共振器型多層膜光分散補償器、48…周波数チャープを受けた入射光パルス、49…二つの共振器が結合した結合共振器型多層膜光分散補償器、50…透過光パルス、51…反射光パルス。

【図1】

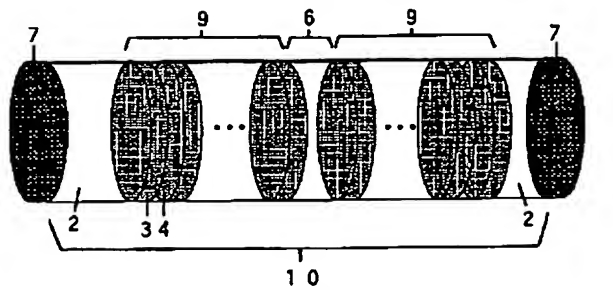
図1



- 1... n型GaAs基板      6... 半波長低屈折率層  
 2... スペース層      7... ARコート膜  
 3... 高屈折率層      8... 光学窓  
 4... 低屈折率層  
 5... 周期的誘電体多層膜

【図3】

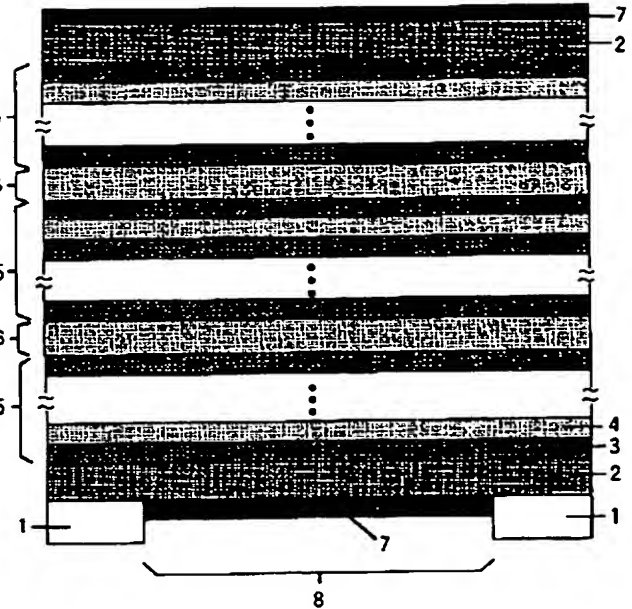
図3



- 2... スペース層      7... ARコート膜  
 3... 高屈折率層      9... ブラックグレーティング層  
 4... 低屈折率層      10... フォトセンシティブ光ファイバー  
 6... 半波長低屈折率層

【図2】

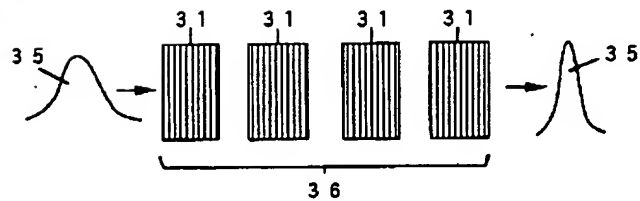
図2



- 1... n型GaAs基板      6... 半波長低屈折率層  
 2... スペース層      7... ARコート膜  
 3... 高屈折率層      8... 光学窓  
 4... 低屈折率層  
 5... 周期的誘電体多層膜

【図7】

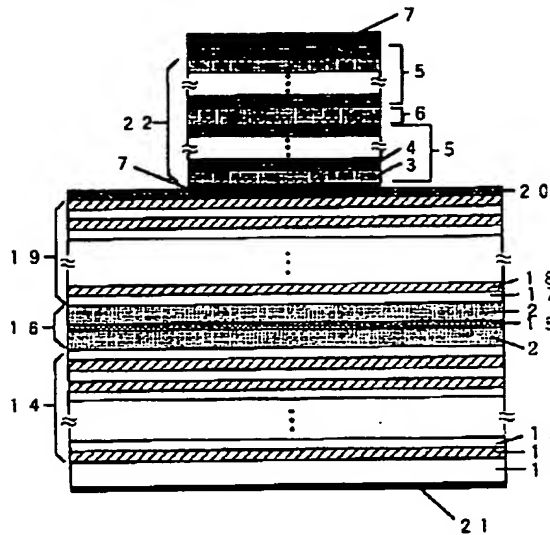
図7



- 31... 光分散補償器  
 35... 光パルス  
 36... 多段型光分散補償器

【図 4】

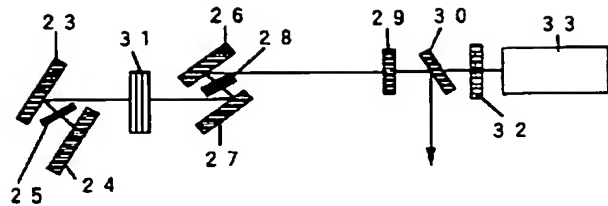
図 4



- |                |                        |
|----------------|------------------------|
| 2... スペース層     | 15... p型変調ドープ圧縮歪み量子井戸層 |
| 3... 高屈折率層     | 16... 共振器              |
| 4... 低屈折率層     | 17... p型低屈折率層          |
| 5... 周期的誘電体多層膜 | 18... p型高屈折率層          |
| 6... 半波長低屈折率層  | 19... p型誘電体多層膜         |
| 7... ARコート膜    | 20... p側電極             |
| 11... n型InP基板  | 21... n側電極             |
| 12... n型高屈折率層  | 22... 単一共振器型光分散補償器     |
| 13... n型低屈折率層  |                        |
| 14... n型誘電体多層膜 |                        |

【図 5】

図 5



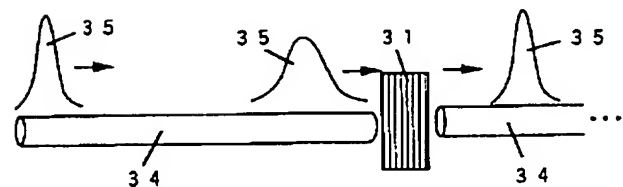
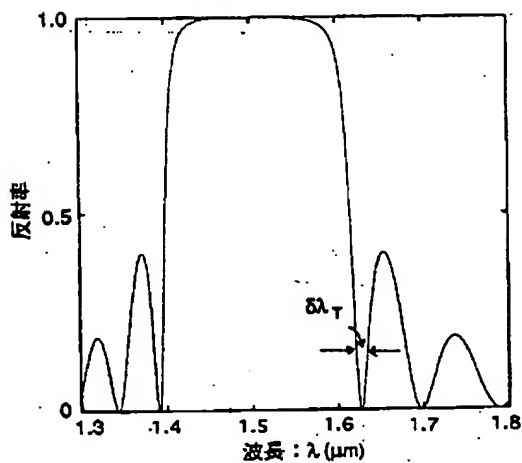
- |               |                |
|---------------|----------------|
| 23... ミラー     | 30... 出力ミラー    |
| 24... ミラー     | 31... 光分散補償器   |
| 25... 可飽和吸収色素 | 32... 半波長板     |
| 26... ミラー     | 33... Arイオンレーザ |
| 27... ミラー     |                |
| 28... レーザ色素   |                |
| 29... ミラー     |                |

【図 6】

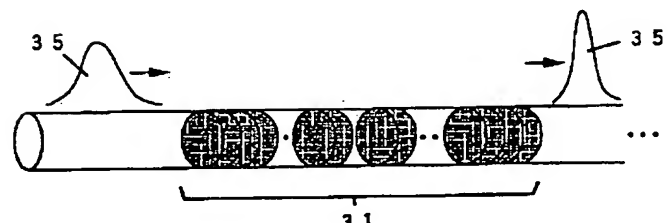
図 6

【図 8】

図 8



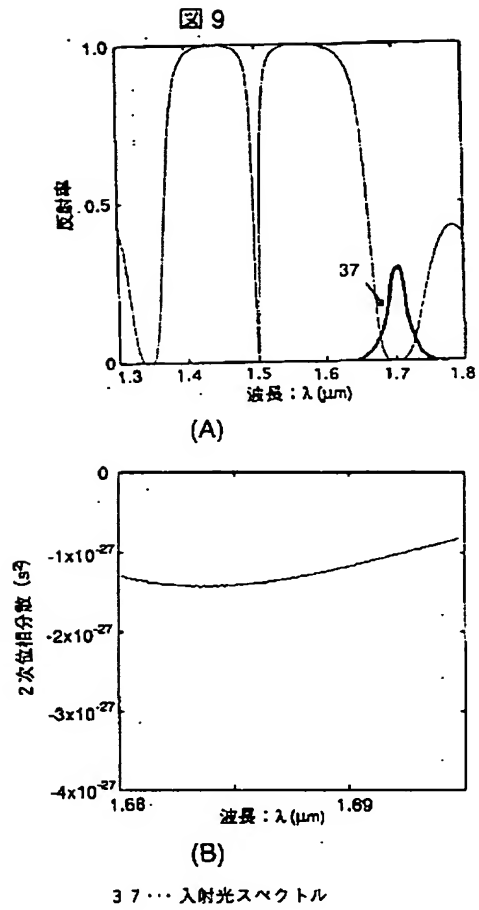
(A)



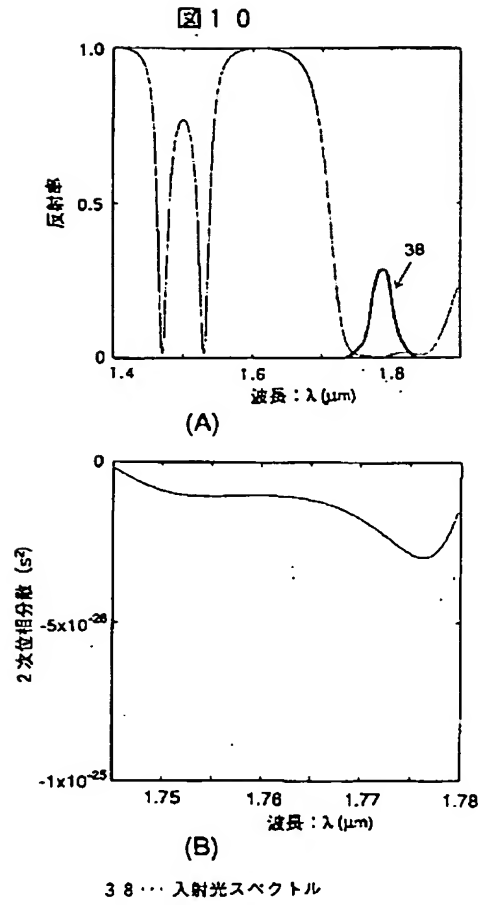
(B)

- |              |
|--------------|
| 31... 光分散補償器 |
| 34... 光ファイバー |
| 35... 光パルス   |

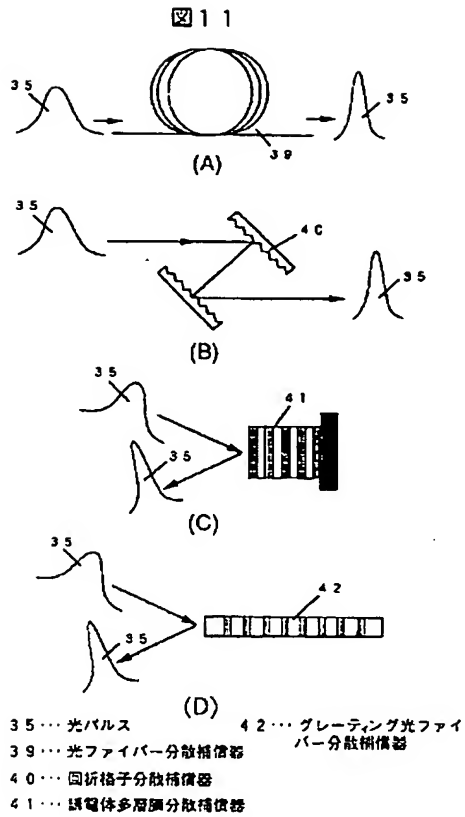
【図 9】



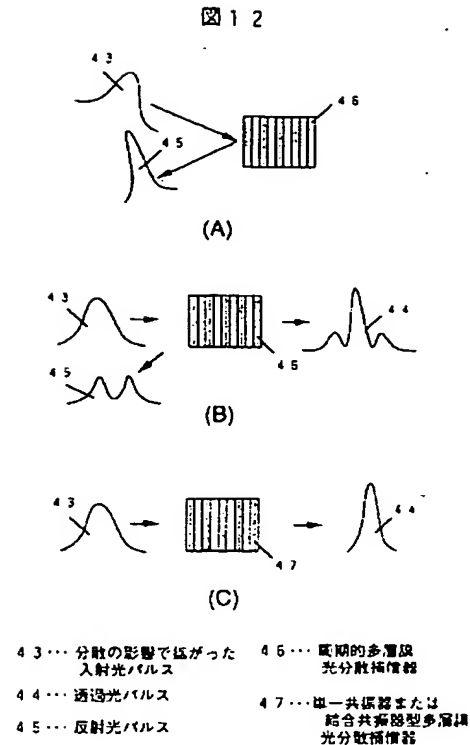
【図 10】



【図11】



【図12】



【図13】

